

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2002 年 5 月 23 日 (23.05.2002)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 02/40743 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: C23C 24/04 KIHAN) [JP/JP]; 〒462-0063 愛知県名古屋市北区丸新町471番地 Aichi (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP01/10053 (72) 発明者; および
- (22) 国際出願日: 2001 年 11 月 16 日 (16.11.2001) (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 荻原秀美 (OGIHARA, Hidemi) [JP/JP]; 〒351-0113 埼玉県和光市中央一丁目4番1号 株式会社 本田技術研究所内 Saitama (JP). 石渡正人 (ISHIWATA, Masato) [JP/JP]; 〒132-0025 東京都江戸川区松江五丁目2番24号 株式会社 不二製作所内 Tokyo (JP).
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2000-350123  
2000 年 11 月 16 日 (16.11.2000) JP (74) 代理人: 末成幹生 (SUENARI, Mikio); 〒104-0031 東京都中央区京橋二丁目6番14号 日立第6ビル4階 Tokyo (JP).
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 本田技研工業株式会社 (HONDA GIKEN KOGYO KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒107-0062 東京都港区南青山二丁目1番1号 Tokyo (JP). (81) 指定国 (国内): CA, JP, MX, US.
- (71) 出願人 (日本についてのみ): 株式会社 不二製作所 (KABUSHIKIKAISHA FUJI SEISAKUSHO) [JP/JP]; 〒132-0025 東京都江戸川区松江五丁目2番24号 Tokyo (JP). 株式会社 不二機販 (KABUSHIKIKAISHA FUJI (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (BE, DE, ES, FR, GB).
- 添付公開書類:  
— 国際調査報告書
- 2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: METALLIC SLIDING MEMBER, PISTON FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE, METHOD OF SURFACE-TREATING THESE, AND APPARATUS THEREFOR

(54) 発明の名称: 金属摺動部材および内燃機関用ピストンならびにそれらの表面処理方法およびその装置

(57) Abstract: A metallic sliding member which is improved in initial compatibility and significantly reduced in frictional resistance; and a process for producing the member. The process comprises causing fine particles of molybdenum disulfide to collide against the surface of a base to form a layer containing molybdenum disulfide, serving as a solid lubricant, as a surface layer having a depth not larger than 20  $\mu$ m from the surface.

(57) 要約:

初期なじみ性を向上させるとともに摩擦抵抗を大幅に低減することができる金属摺動部材およびその製造方法を提供する。表面に二硫化モリブデンの微細粉体を衝突させることにより、表面から深さ 20  $\mu$ m 以内の表層に、固体潤滑剤である二硫化モリブデンを含有する層を設けた。

WO 02/40743 A1

## 明 細 書

金属摺動部材および内燃機関用ピストンならびにそれらの表面処理方法およびその装置

## 技術分野

本発明は、摺動面に固体潤滑剤層を設けて摺動抵抗を低減させた内燃機関用ピストン等の金属摺動部材およびそれらの表面処理方法に係り、特に、摺動面の表面から内部に亘って固体潤滑剤層を設けることにより、初期なじみ性を向上させるとともに摩擦抵抗を大幅に低減する技術に関する。

## 背景技術

摺動部材の摺動抵抗を低減する技術としては、従来、二硫化モリブデン、四フッ化エチレン樹脂、酸化スズ等の固体潤滑剤を摺動部材の摺動面にコーティングすることが知られている。そのような固体潤滑剤は、摩擦抵抗が低いこともさることながら、比較的軟質なために運転初期に摩耗し易く、このため、いわゆる初期なじみが早い段階で終了して摺動抵抗や摩耗量が低い水準で安定するようになる。固体潤滑剤のコーティング方法としては、固体潤滑剤をバインダ樹脂に分散して塗布する方法や、メッキによるコーティング方法が知られている。また、特開平11-193455号公報には、摺動部材の摺動面に硫化モリブデン被膜をスパッタリングによって形成する技術が開示されている。

しかしながら、固体潤滑剤をバインダ樹脂に塗布する方法では、バインダ分（例えば50%程度）の存在により固体潤滑剤の機能が十分に発揮できないという問題があった。また、上記した従来技術の全てに共通する問題として、固体潤滑剤被膜の形成によって摺動部材の寸法が変化すること、固体潤滑剤被膜の厚さの管理が難しいこと、固体潤滑剤被膜の剥離の懸念や寿命が短いことが挙げられる。特に、スパッタリングによって固体潤滑剤被膜を設ける方法では、設備コストや製造費用が割高になるとともに、曲面の処理が難しいという問題もあった。

また、内燃機関用ピストン（以下、単にピストンと称する）では、燃焼室内の爆発圧力の一部をスリーブに対して摺動するピストンリングで受け、ピストンリングの下側に設けたスカート部をスリーブと接触させることでピストンの姿勢を保つようにしている。したがって、スカート部とスリーブとの接触が良好に行われないと、摺動抵抗が増加して燃費が低下したり、場合によってはピストンとスリーブ間の異常接触によりかじりや焼付き、また場合によっては異常な音が発生したりする。

実開昭 5 2 - 1 6 4 5 1 号公報および実開昭 5 7 - 1 9 3 9 4 1 号公報には、ピストンのスカート部等にサンドブラストやショットピーニングを施して微小なディンプルを形成することが提案されているが、この方法でも異音の発生の防止には効果が無いことが知られている。

#### 発明の開示

本発明は、固体潤滑剤層を形成することによる種々の問題点を解決し、しかも、初期なじみ性を向上させるとともに摩擦抵抗を大幅に低減することができる金属摺動部材およびその製造方法を提供することを目的としている。また、本発明は、そのような金属摺動部材を適用することにより、ピストンのスカート部とスリーブとのクリアランスを小さくすることができ、これによってピストンの姿勢を安定させ、ピストン打音の発生を防止して騒音や振動を低減することができるピストンおよびその製造方法を提供することを目的としている。

本発明の金属摺動部材は、表面に二硫化モリブデンの微細粉体を衝突させることにより、表面から深さ  $20\ \mu\text{m}$  以内の表層に、固体潤滑剤である二硫化モリブデンを含有する層（以下、固体潤滑剤層と称する）を設けたことを特徴としている。

上記構成の金属摺動部材にあっては、バインダ樹脂を一切必要とせず、例えばショットピーニング技術を応用した打込みにより、二硫化モリブデンがそのまま母材に打ち込まれていることから、二硫化モリブデンが本来有する摺動抵抗低減効果、すなわち、初期なじみ性を向上させるとともに摩擦抵抗を大幅に低減する効果をいかに発揮することができる。また、上記のショットピーニング技

術を応用した打込みによれば、固体潤滑剤を一部熱拡散させながら金属摺動部材に打ち込んでいるため、固体潤滑剤被膜の形成による寸法変化、およびその煩雑な寸法管理といった問題は生じず、さらに、このようにして得られた固体潤滑剤層は剥がれや摩滅に対して非常に強固であり、摺動抵抗低減効果が長期に渡り得られる。また、ショットピーニング技術を応用しているため、曲面を有する金属摺動部材に対しても問題なく処理を行うことができる。

さらに、本発明の金属摺動部材の表面処理方法においては、圧縮空気と二硫化モリブデンしか用いないため、排出される物質は、使用によりサイズが小さくなった二硫化モリブデン破砕材と空気のみである。そのため、この二硫化モリブデンの破砕材を分級することにより、均一に粒度が揃い、異物の混入等のない二硫化モリブデン粉末が得られ、他用途に再利用することができる。

ここで、上記のような金属摺動部材は、表面に二硫化モリブデンの微細粉体を 0.5 MPa 以上の圧縮空気（ゲージ圧）とともに 100 m/秒以上の速度で衝突させる表面処理を行うことで製造することができる。そして、本発明は、そのような表面処理方法と表面処理装置であることを他の特徴としている。このような条件での表面処理を行うことにより、二硫化モリブデンの微細粉体が表面に打ち込まれ、固体潤滑剤層が形成される。すなわち、二硫化モリブデンが表面に衝突したときのエネルギーにより、例えばアルミニウム製の母材の表層部分が瞬間的な温度上昇により溶融され、二硫化モリブデンの粒子が表面に埋没ないし固着する。また、溶融した表層部分が再結晶することによる結晶粒の微細化と、表層部分へのショットピーニングによる鍛錬効果で生じる加工硬化とにより、表層部分の硬度が上昇する。さらに、上記のような表面処理方法では、スパッタリングのように大がかりな設備を必要とせず製造コストも低廉であり、しかも、曲面の表面処理も容易に行うことができるという利点もある。

二硫化モリブデンが表面に衝突して母材が発熱することで、例えばアルミニウム合金母材表面に二硫化モリブデン系の金属間化合物が形成されることもある。そのような金属間化合物は、打ち込まれた二硫化モリブデン粒子と母材との結晶粒界に存在して、両者の固着強度を高めると推定される。

## 図面の簡単な説明

第1図Aはディンプルを有しないピストンの表面を拡大して表した斜視図であってその初期摩耗前の状態を示す図、第1図Bは慣らし運転後の状態を示す図である。

第2図Aはディンプルを有しないピストンの表面の断面を示す図であってその初期摩耗前の状態を示す図、第2図Bは慣らし運転後の状態を示す図である。

第3図Aはピストンの表面を拡大して表した斜視図であってその初期摩耗前の状態を示す図、第3図Bは慣らし運転後の状態を示す図である。

第4図Aはピストンの表面の断面を示す図であってその初期摩耗前の状態を示す図、第4図Bは慣らし運転後の状態を示す図である。

第5図Aは従来のピストンの断面を模式的に示す図、第5図Bは本発明の実施形態のピストンの断面を模式的に示す図、第5図Cはディンプルに油玉が保持されている状態を示す図である。

第6図は初期摩耗前のピストンの凸部を示す断面図であって、第6図Aは凹部が断面略円弧状のものを示す図、第6図Bは第6図Aとは逆に凸部が断面略円弧状であるものを示す図、第6図Cは凹部と凸部とが断面視で波状に連続するものを示す図、第6図Dは凹部と凸部の断面が台形状のものを示す図、第6図Eは凸部と凹部が三角形形状のものを示す図である。

第7図は二硫化モリブデンの微細粉体を示す電子顕微鏡写真である。

第8図は二硫化モリブデンの微細粉体を打ち込んだピストンの慣らし運転後の側面を示す電子顕微鏡写真である。

第9図は二硫化モリブデンの微細粉体を打ち込んだピストンの慣らし運転後の側断面を示す電子顕微鏡写真である。

第10図は実施例における慣らし運転時間と摩擦損失出力低減指数との関係を示す線図である。

第11図は本発明の実施の形態の表面処理装置を示す側断面図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の好適な実施の形態について説明する。

固体潤滑剤層の表面には、微細なディンプルを設けることが望ましい。ディンプルは、二硫化モリブデンの粒子を金属摺動部材の表面に打ち込むことにより形成することができる。このディンプルの作用を第1図A以下を参照しながらピストンを例にとって説明する。

第1図Aは、ディンプルを有しないピストンのスカート部の表面をコンピュータグラフィックで表示したものであり、ピストン本体の円周方向へ向けて延在する凸部を示している。また、第1図Aは、ピストン本体の外周を機械加工した後の状態を示し、凸部は、断面が略円弧状の凹部どうしの間に形成されている。なお、機械加工は、バイト等を用いてピストン本体の外周を切削しながらピストン本体を軸線方向へ相対移動させることにより行うことができる。この場合には、凸部は軸線方向へ向けて螺旋状をなす。

次に、ピストンに初期摩耗が生じると、凸部の先端部が摩滅して第1図Bに示すような略台形状となる。そして、台形状の部分の摺接面の縁部にエッジEが形成されるため、凹部に溜まった潤滑油がエッジEに阻まれて潤滑の必要な摺接面に供給されなくなる。第2図AおよびBは第1図AおよびBに示す凸部の断面形状を示すものであって、第2図Aはその機械加工後、第2図Bは慣らし運転後の状態を示す。第2図Bから判るように、慣らし運転後の摺動面の縁部に形成されたエッジは忍び返しのように作用し、潤滑油が摺動面に供給されない箇所が生じ、場合によっては、その箇所の温度が上昇してかじりや焼付き、さらに異常な音が発生する原因となる。

次に、第3図Aは、ディンプルを有する場合のピストンのスカート部の表面をコンピュータグラフィックで模式的に表示したものであり、ピストン本体の円周方向へ向けて延在する凸部と、この凸部の表面に設けた微細なディンプルを示している。次に、このピストンに初期摩耗が生じると、凸部の先端部が摩滅して第3図Bに示すような略台形状となる。そして、この台形状の部分の摺接面の縁部には、ディンプルによって形成された入江部Bが出現している。

第5図AおよびBを参照してディンプルの機能を説明する。ピストン本体に機械加工を行っただけのものの表面は、第5図Aに示すように、ミクロ的にはV字状の溝が円周方向へ延在した状態となっている。このような表面に潤滑油を供給して面圧をかけると、潤滑油は、毛管作用によって先鋭な先端部よりも溝の底の方に集まり易いので、油膜が形成され難く摺動抵抗は大きい。一方、第5図Bはディンプルの例を示している。このような表面に潤滑油を供給すると、第5図Cに示すように、ディンプルDがオイルプールとなって油玉Oを保持するから、この表面に面圧がかかっても、油膜Sが保持され、摺動抵抗の増加が防止される。

上記のようなディンプルを有することにより、微細なディンプルのそれぞれに潤滑油が保持されるとともに、ピストンの上下運動により、潤滑油が入江部Bから容易に摺動面に供給される。したがって、初期なじみが終わってピストンがスリーブになじんだ後も、摺動面に潤滑油が供給されて油膜が形成され、摺動面を効果的に潤滑し、摺動抵抗を低減するとともに異音の発生を防止する。第4図AおよびBは第3図AおよびBに示す凸部の断面形状を示すものであり、第4図Aは初期摩耗前、第4図Bは慣らし運転後の状態を示す。第4図Aに示すように、凸部にはショットピーニングにより微細な凹凸（ディンプル）が形成されているとともに、固体潤滑剤である二硫化モリブデンが含有された層を有している。このディンプルによる表面の保油性向上効果ならびに二硫化モリブデンの固体潤滑効果により、初期なじみの初期摩耗は短時間に終了する。すなわち、摺動面に供給される潤滑油の量、摺動面に生じる面圧の大きさといった種々の因子のバランスが、二硫化モリブデンが含有された層を表面に有することで、極短時間に平衡し、初期なじみにおいて摺動抵抗を大幅に低減する。第4図Bに示すように、慣らし運転後においても、潤滑油を保持するディンプルが残存し、表面の保油性向上効果は維持され、さらにディンプル内に、二硫化モリブデンが含有された層が残留している。このことから、短時間の初期なじみで低下した摺動抵抗値は、その後の運転においても維持される。また、ショットピーニングでは、メッキやコーティングと異なり母材の寸法変化がないこと、および上記した作用により摺動抵抗を低く保ちつつピストンのスカート部とスリーブとのクリアランスを小さくすることができるので、ピストンの姿勢を安定させ、ピストン打音の発生を防止

して騒音や振動を低減することができる。

ここで、上記のようななじみ現象は、より早期に、かつ少ない摩耗量で完了することが望ましい。スリーブとの摺動面であるスカート部の円周方向に沿って設けた凸部の先端部は、摺動すると安定する面圧に至るまで摩耗する。これは、摺動の際の面圧に耐えられる対応面積を確保するために、凸部の余分な先端部が除去されるためである。そして、除去された先端部は摩耗粒として潤滑油中に滞留する。この摩耗粉を極力低減するためには、当所からシャープなエッジを形成しておくよりも、面圧に耐えられる平面を予め確保しておくのが有効である。したがって、凸部は、摺動方向に沿う断面で見たときにほぼ台形状をなしていることが望ましい。このように構成することにより、機械加工によってシャープなエッジを形成する場合よりも、摺動面にかかる面圧や表面粗さ、ならびに相対摺動速度に応じて供給される潤滑油の量などがより早期に安定する。

ディンプルは、上記した作用を得るために適度な大きさでなければならない。ディンプルが小さすぎると、潤滑油を保持する能力が不充分になるとともに、入江部の大きさが小さく潤滑油を摺動面に引き出す作用が不充分になる。一方、ディンプルが大きすぎると、凸部の形状の変形が大きく、凸部を設ける効果がなくなるとともに、表面粗さが過大になって摺動抵抗の増加を招く。ディンプルは、ショットピーニングによって形成することができる。この場合には、ディンプルの大きさが上記のように制限されることから、ディンプルの平均深さは $0.5 \sim 6.0 \mu\text{m}$ であることが望ましい。ただし、ディンプルの平均深さは、表面粗さ $R_a$ の値を計測し、その平均値により表される。

次に、第6図AおよびBは初期摩耗する前の凸部の断面形状を示す。第6図Aには凹部が断面略円弧状のものを例示したが、これに限定されるものではなく、第6図Aとは逆に凸部が断面略円弧状であるもの（第6図B）や、凹部と凸部とが断面視で波状に連続するもの（第6図C）であっても良い。あるいは、凹部と凸部の断面が台形状（第6図D）や三角形状（第6図E）であっても良い。本発明の作用、効果を確実に得るためには、凸部どうしの間隔 $P$ は $200 \sim 400 \mu\text{m}$ であることが望ましく、 $250 \sim 300 \mu\text{m}$ であればさらに好適である。また、初期摩耗の前の凹部の底から凸部の先端までの高さ $H_1$ は、 $7 \sim 15 \mu\text{m}$ であるこ



とが望ましく、 $8 \sim 12 \mu\text{m}$ であればさらに好適である。

金属摺動部材の表面に衝突させる二硫化モリブデンの微細粉末の平均サイズは、 $2 \sim 200 \mu\text{m}$ であることが望ましく、さらに平均サイズが $4 \sim 10 \mu\text{m}$ のものが最も良い。また、ディンプルは凸部の表面にのみ設けることもできるが、凹部を含めた全体に設けることが望ましい。また、ピストンのスカート部のみならず、ピストンリングの溝やランドに上記と同様の凸部およびディンプルを設けることにより、溝とピストンリングとの間やランドとスリーブとの間の異常な摩耗の発生を防止することができる。

なお、本発明の金属摺動部材は、前記のようなピストンに限定されるものではなく、互いに摺動するあらゆる部材に適用可能である。たとえば、ピストンピン、内燃機関用摺動メタル、カムシャフトホルダ等の往復摺動部品や回転摺動部品に適用することができる。また、相手部品と当接ないし接触するなど互いに摺動しない部品や部分にも本発明を適用することができる。たとえば、ピストンの側面、カムジャーナル、カム端面、クランクジャーナル面、ロッカーアームスリッパ面、オイルポンプロータとそのケースなどにも本発明を適用可能である。そして、それらの部材の少なくとも一方を上記のように構成することにより、接触面での摩擦抵抗の低減、初期なじみ性の向上、潤滑油の確保、異音の発生防止といった上記と同等の効果が得られる。

次に、第11図は本発明の表面処理装置の好適な実施形態を示す側断面図である。

第11図において符号11は粉体タンク、12は粉体量調整タンクである。粉体タンク11の底部には、下方向けて延在して粉体量調整タンク12の頂壁を貫通する導入管16が固定されている。導入管16の導入口19は、粉体量調整タンク12の底面からの高さの $2/3$ 程度の位置に設けられている。

粉体量調整タンク12の内部には、捕集回転板21が水平方向を向くシャフト25によって回転可能に支持されている。捕集回転板21の外周には、複数の断面V字状をなす溝（図示せず）が全周に亘って形成されている。捕集回転板21の頂部中央には、吸込管23が配置されている。吸込管23の下端部には、下端縁を捕集回転板21の外周に密接させた吸込口24が取り付けられている。また、

吸込管 2 3 の上端部は粉体量調整タンク 1 2 の頂壁を貫通して突出させられており、その端部には粉体供給管 1 4 を介して噴射ノズル 1 3 が連結されている。噴射ノズル 1 3 の後端部には、圧縮空気が供給されるようになっている。なお、図中符号 7 0 はサイクロン等の回収タンク、2 8 は捕集回転板 2 1 の外周の溝で捕集される粉体の量を一定にするためのバイブレータである。

上記構成の表面処理装置の動作は以下のとおりである。二硫化モリブデンの微粒粉体 1 5 を粉体タンク 1 1 に供給すると、粉体 1 5 は導入管 1 6 を通って粉体量調整タンク 1 2 に落下する。そして、粉体量調整タンク 1 2 には粉体層 1 7 とその上側の空気層 1 8 が形成される。粉体層 1 7 の高さが導入口 1 9 に達すると、粉体 1 5 は導入管 1 6 からそれ以上落下しないようになる。したがって、粉体量調整タンク 1 2 内の粉体が消費されると、その分だけ導入管 1 6 から粉体が落下するから、粉体層 1 7 の高さは常に一定となる。

捕集回転板 2 1 は、図中矢印方向に回転し、その際、外周の溝に粉体が捕集される。一方、圧縮空気が噴射ノズル 1 3 に供給されると、吸込口 2 4 の内部が負圧になる。このため、粉体が吸込口 2 4 に達すると、負圧によって吸込管 2 3 に吸引され、粉体供給管 1 4 を経て噴射ノズル 1 3 から噴射される。そのときの圧縮空気の圧力は 0.5 MPa (ゲージ圧) であり、噴射ノズル 1 3 から噴射される二硫化モリブデンの粉体は、圧縮空気とともに 100 m/秒以上の速度で例えばピストンなどの金属摺動部材に衝突する。これにより、金属摺動部材の表面から深さ 20  $\mu$ m 以内の表層に、固体潤滑剤である二硫化モリブデンを含有する層が形成される。

この工程後の二硫化モリブデン粉体は、破碎したものと、破碎しなかったものとが混在した状態となるが、本発明においては異物混入が無いとため、この粉体を回収し、特定の分級機を用いることにより、破碎しなかった、または破碎してもまだ適度な大きさを有する粉体を分級し、第 11 図で 2 点鎖線で示すように、粉体供給口 7 0 から粉体タンク 1 1 へ供給して再利用することができる。一方、サイズの小さくなった二硫化モリブデン粉体は、上記の分級機により選別され、他用途に用いられる。したがって、本発明によれば、二硫化モリブデン粉末の消耗量を大幅に削減することができ、製品コストをも低減することができる。

## 実施例

以下、具体的な実施例を参照して本発明をさらに詳細に説明する。

### A. 試料の作製

一般的な形状および大きさのピストンを作製した。ピストンの外周には、第6図Dに示すような断面台形状の凸部（条痕）を形成し、凸部どうしの間隔を約250 $\mu$ m、凸部の高さを約10 $\mu$ mとした。次いで、平均サイズ4 $\mu$ m、純度98.6重量%の鱗片状をなす二硫化モリブデンの微細粉体を、8気圧の圧縮空気によってピストンの側面に対して50mm離れた場所から投射した。その際の投射時間は、ピストンに対して8分間とした。なお、第7図は使用した二硫化モリブデンの電子顕微鏡写真（500倍）である。

### B. 摩擦損失測定

上記試料を内燃機関に装着し、慣らし運転を行って摩擦損失測定を行った。この摩擦損失測定では、内燃機関の摩擦損失馬力を測定し、馬力の変化から摩擦損失出力の低減指数を算出した。第10図には、慣らし運転開始時の摩擦損失出力低減指数を1とし、摩擦損失出力低減指数の経時変化を示した。なお、第10図において摩擦損失出力低減指数が0.86とは、摺動抵抗が14%低減されたことを示す。また、比較のために、上記本発明例と同じピストン素材の側面にガラスビーズを用いたショットピーニングを行ったピストンと、ピストン素材のままのものをを用いて同様の慣らし運転を行った。それらの結果を比較例として第10図に併記した。

第10図に示すように、本発明例では慣らし運転を開始した時点で摩擦損失出力低減指数が約0.87であり、60時間経過後は約0.85で安定している。これに対して、ガラスビーズによるショットピーニングを施した比較例では、摩擦損失出力低減指数が安定するまでに80時間を要し、しかもその値は約0.87となっている。また、ピストン素材そのままの比較例では、摩擦損失出力低減指数が安定するまでに100時間を要し、しかもその値は約0.9となっている。このように、本発明例では慣らし運転が短時間で終了し、しかも摩擦損失出力低減指数が大幅に改善されることが確認された。なお、慣らし運転を100時間（1万6千km走行に相当）行った後のスカート部の条痕の摺動部分には、40

～50面積%の二硫化モリブデンが残存していた。

### C. 固体潤滑剤層の観察

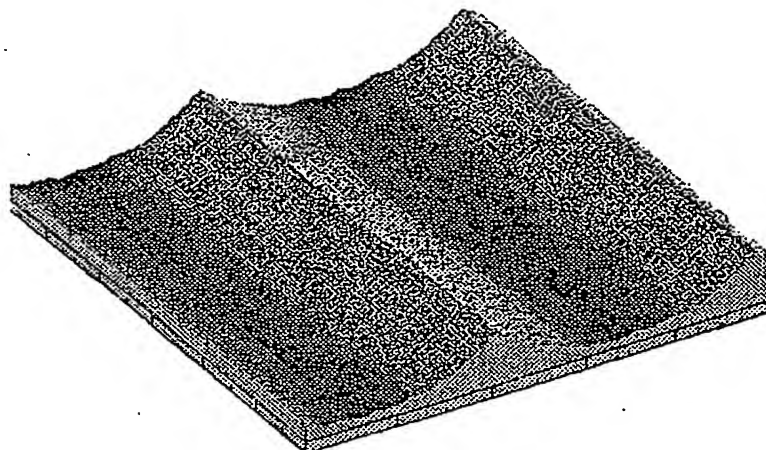
第8図は、上記慣らし運転を行ったピストンのうち、二硫化モリブデンを打ち込んだ本発明のものの側面の電子顕微鏡写真（100倍）を示すものである。第8図から判るように、ピストンの側面の全体に二硫化モリブデンが打ち込まれて、形成された微細なディンプルが残存している。このピストンの側面の面粗度R<sub>a</sub>を測定し、そのR<sub>a</sub>の値をディンプルの平均深さとした。測定の結果、ディンプルの平均深さは1.8 μmであった。なお、二硫化モリブデンの打ち込み深度（表面から二硫化モリブデンの最深端までの寸法）は6 μm程度と推定される。次に、第9図は上記ピストンの側断面の電子顕微鏡写真（2000倍）である。第9図に示すように、ピストンの表面近傍には打ち込まれた二硫化モリブデン（写真の黒い部分）が存在している。また、二硫化モリブデンの下に灰色と黒の斑状の部分は再結晶したアルミニウム合金部分である。なお、成分分析の結果、二硫化モリブデンとアルミニウム合金部分との境界に微量のβ'-Mo<sub>2</sub>C、Al<sub>3</sub>Mo<sub>3</sub>等の金属間化合物が認められた。これら金属間化合物は、二硫化モリブデンとアルミニウム合金部分との結合力を高めるものと推測される。

## 請 求 の 範 囲

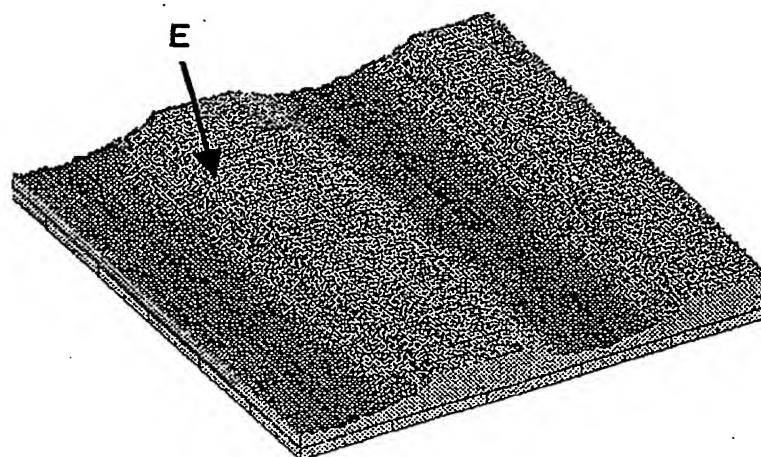
1. 表面に二硫化モリブデンの微細粉体を衝突させることにより、上記表面から深さ  $20\text{ }\mu\text{m}$  以内の表層に、固体潤滑剤である二硫化モリブデンを含有する層を設けたことを特徴とする金属摺動部材。
2. 前記二硫化モリブデンを含有する層の表面に微細なディンプルを設けたことを特徴とする請求項 1 に記載の金属摺動部材。
3. 摺動部分が請求項 1 または 2 に記載の金属摺動部材とされたことを特徴とする内燃機関用ピストン。
4. 表面に二硫化モリブデンの微細粉体を  $0.5\text{ MPa}$  以上の圧縮空気とともに  $100\text{ m/秒}$  以上の速度で衝突させることにより、上記表面から深さ  $20\text{ }\mu\text{m}$  以内の表層に、固体潤滑剤である二硫化モリブデンを含有する層を設けることを特徴とする金属摺動部材の表面処理方法。
5. 前記二硫化モリブデンを含有する層の表面に微細なディンプルを設けることを特徴とする請求項 4 に記載の金属摺動部材の表面処理方法。
6. 摺動部分を請求項 4 または 5 に記載の金属摺動部材の表面処理方法で処理することを特徴とする内燃機関用ピストンの表面処理方法。
7. 材料の表面に二硫化モリブデンの微細粉体を  $0.5\text{ MPa}$  以上の圧縮空気とともに  $100\text{ m/秒}$  以上の速度で衝突させることにより、上記材料の表面から深さ  $20\text{ }\mu\text{m}$  以内の表層に、固体潤滑剤である二硫化モリブデンを含有する層を設けることを特徴とする表面処理装置。

8. 前記二硫化モリブデンを含有する層の表面に微細なディンプルを設けることを特徴とする請求項7に記載の表面処理装置。

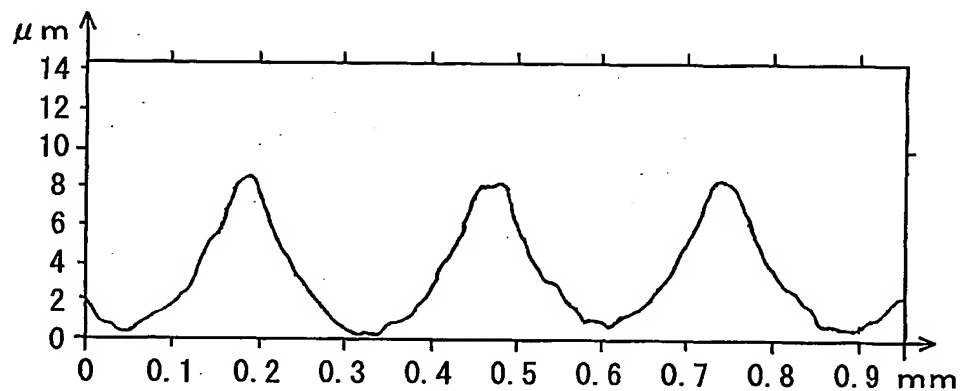
第 1 図 A



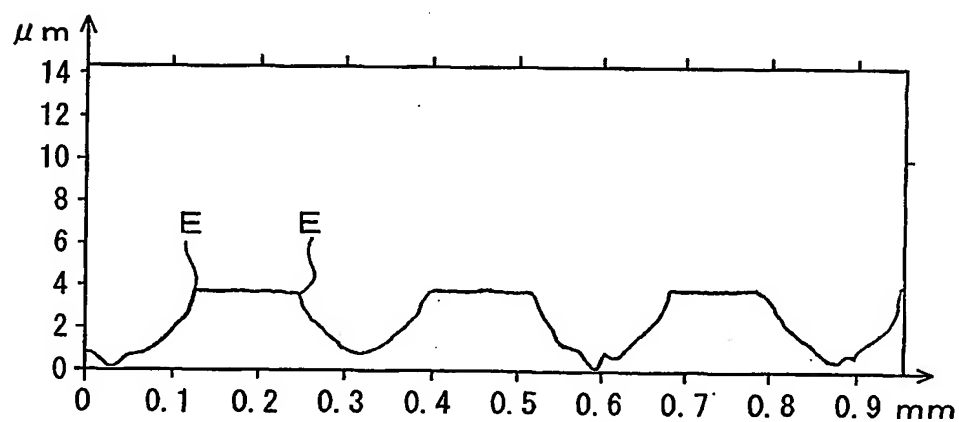
第 1 図 B



第2図A

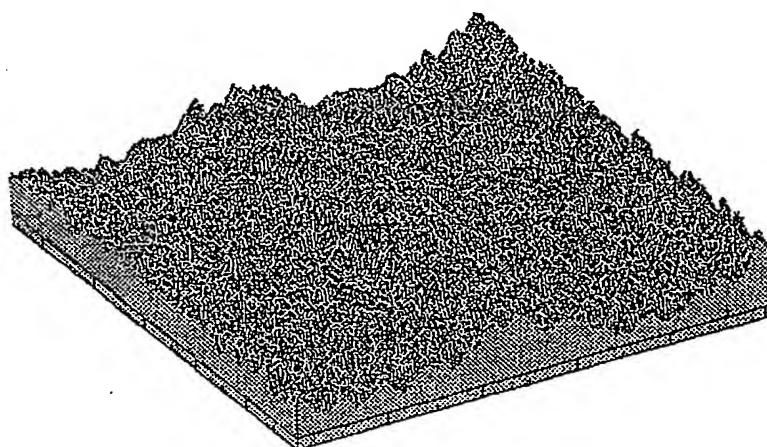


第2図B

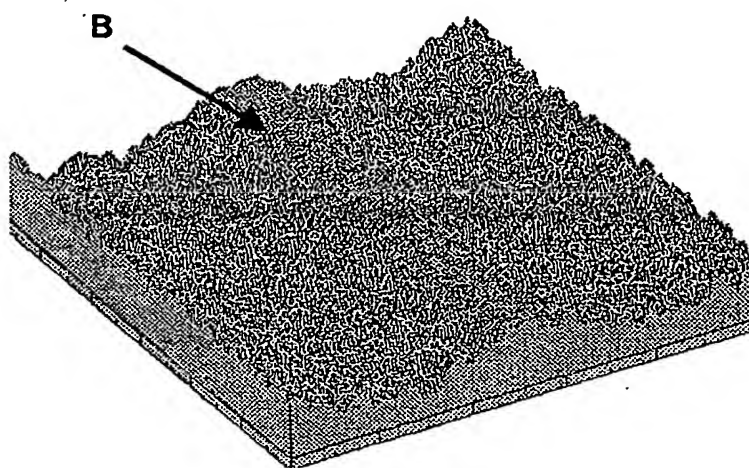




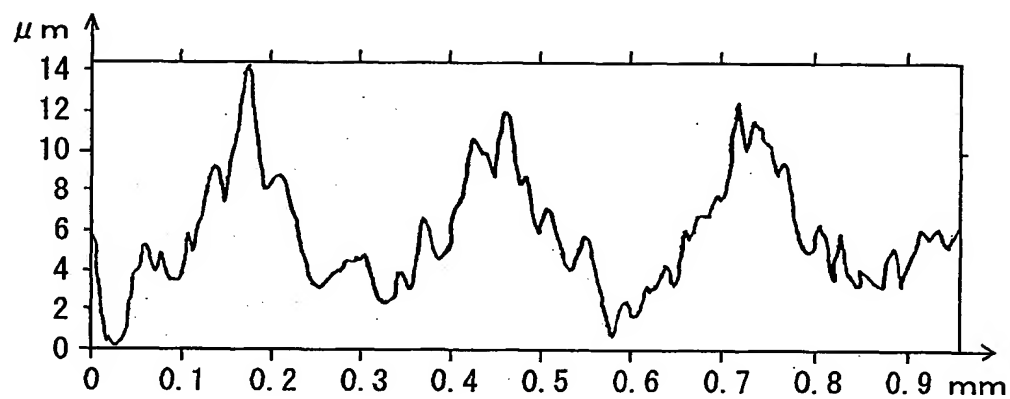
第3図A



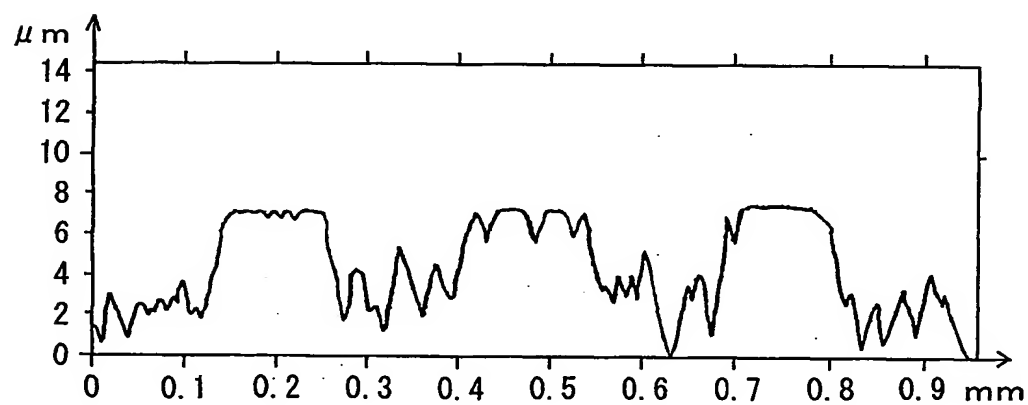
第3図B



第4図A



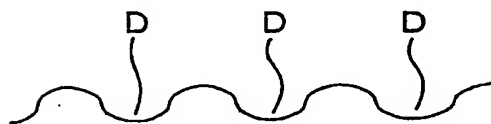
第4図B



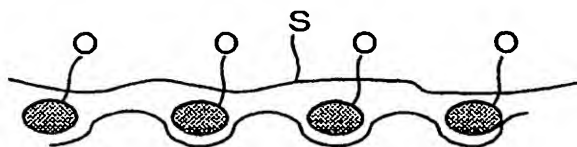
第5図A



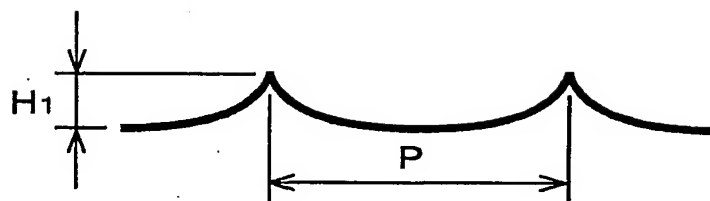
第5図B



第5図C



第 6 図 A



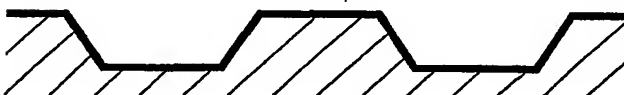
第 6 図 B



第 6 図 C



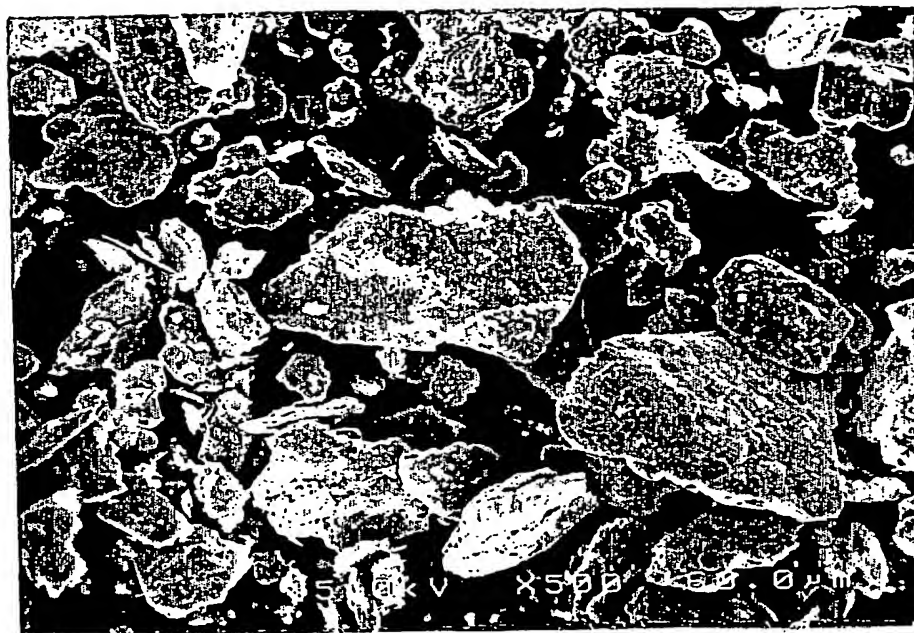
第 6 図 D



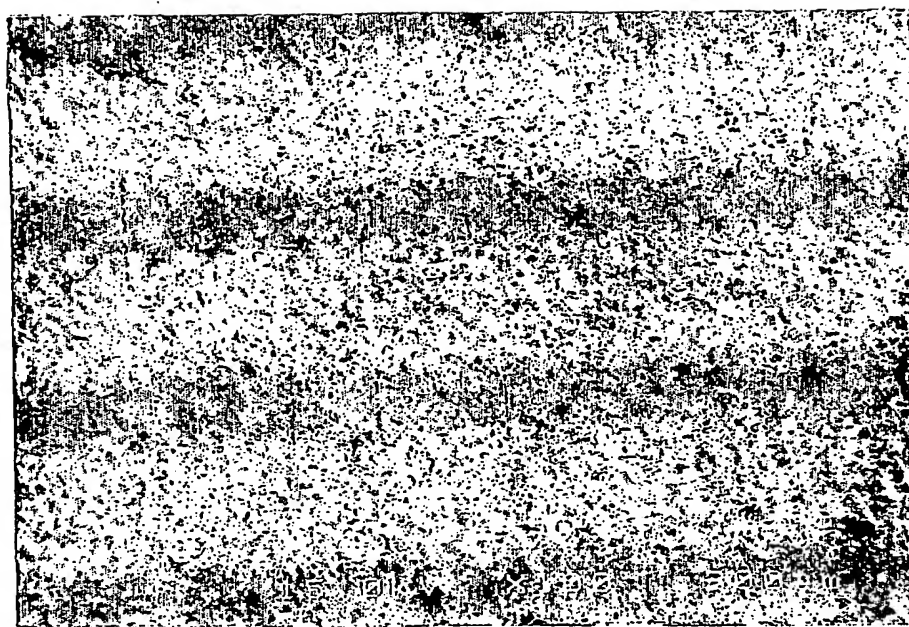
第 6 図 E



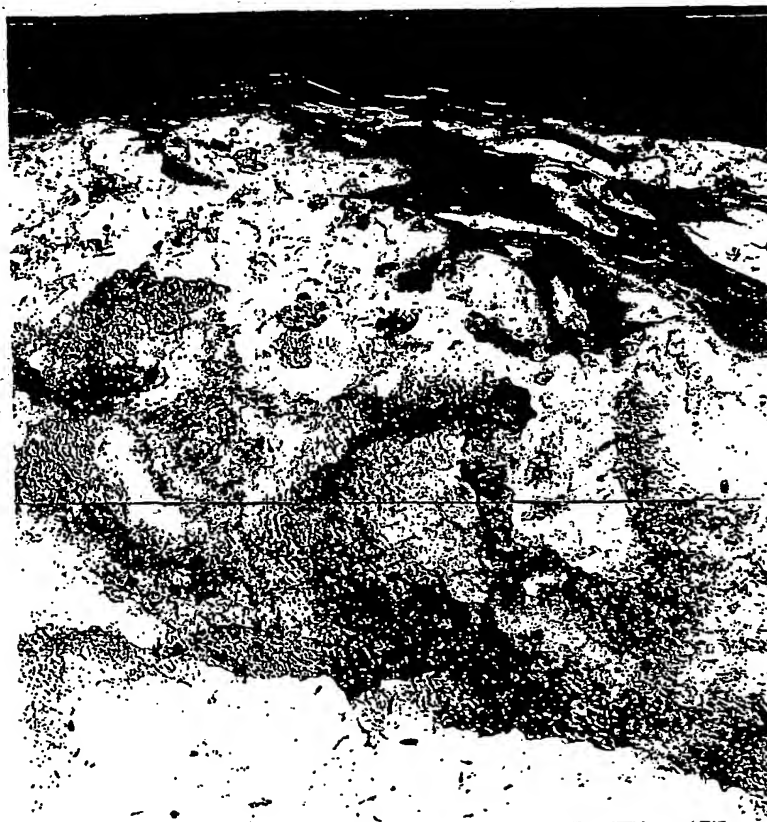
第7図



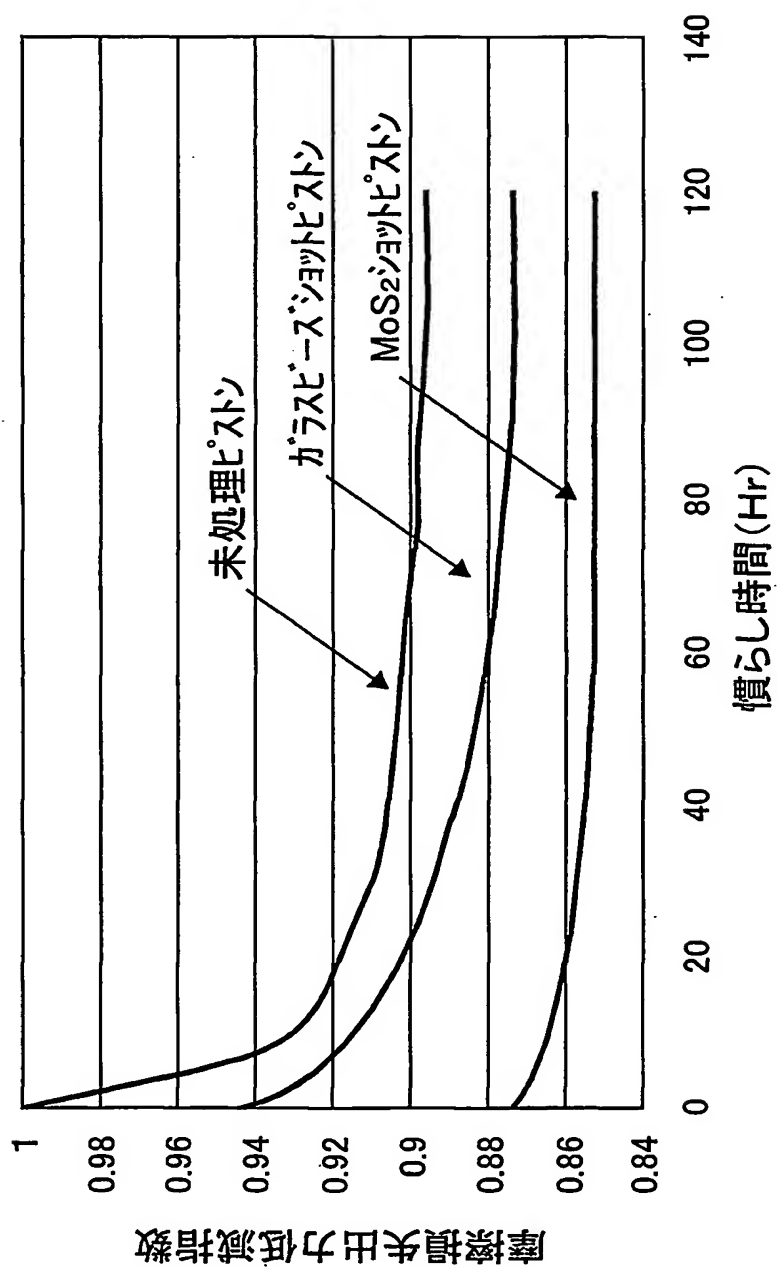
第8図



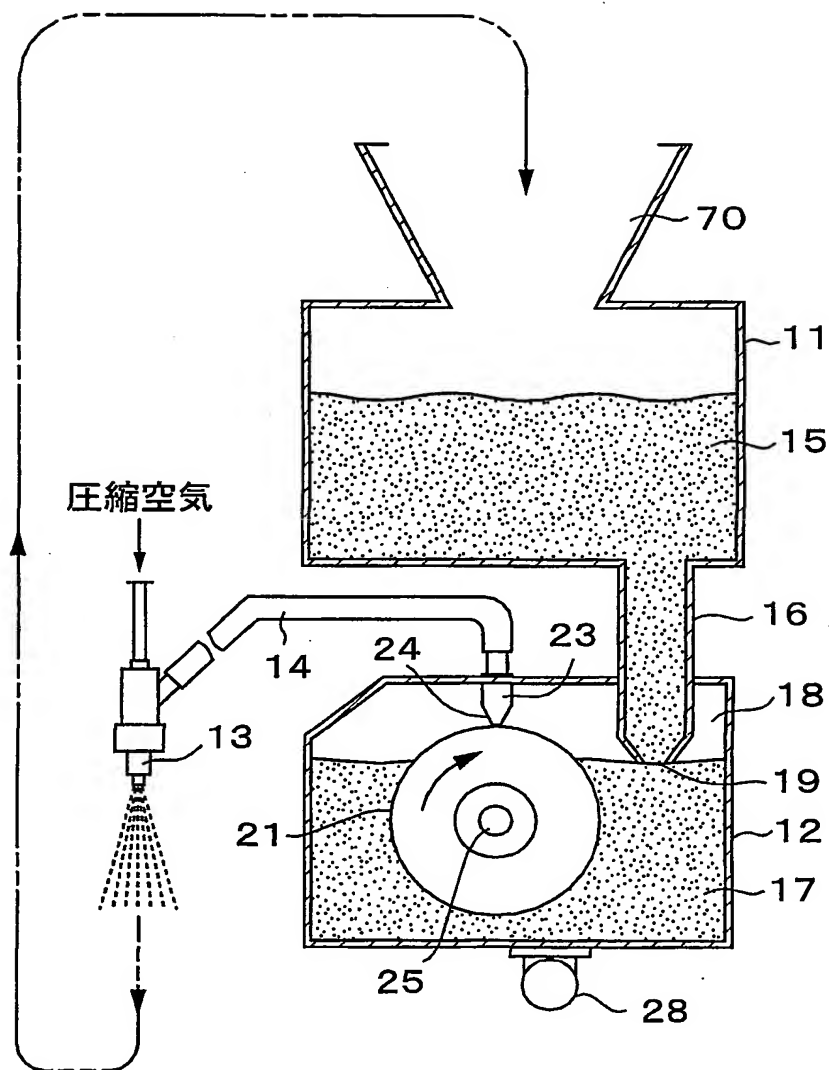
第 9 図



第 10 図



第 1 1 図





## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/10053

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl.<sup>7</sup> C23C 24/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>7</sup> C23C 24/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2001
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2001	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 11-131257 A (Fuji Kihan K.K.), 18 May, 1999 (18.05.1999) (Family: none)	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
12 February, 2002 (12.02.02)Date of mailing of the international search report  
19 February, 2002 (19.02.02)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl <sup>7</sup> C23C 24/04		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl <sup>7</sup> C23C 24/04		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの		
日本国実用新案公報 1926-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2001年 日本国登録実用新案公報 1994-2001年 日本国実用新案登録公報 1996-2001年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 11-131257 A (株式会社不二機販) 1999. 05. 18 (ファミリーなし)	1-8
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願 の日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	12.02.02	国際調査報告の発送日 19.02.02
国際調査機関の名称及びあて先	日本国特許庁 (ISA/JJP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 鈴木正紀 電話番号 03-3581-1101 内線 3424



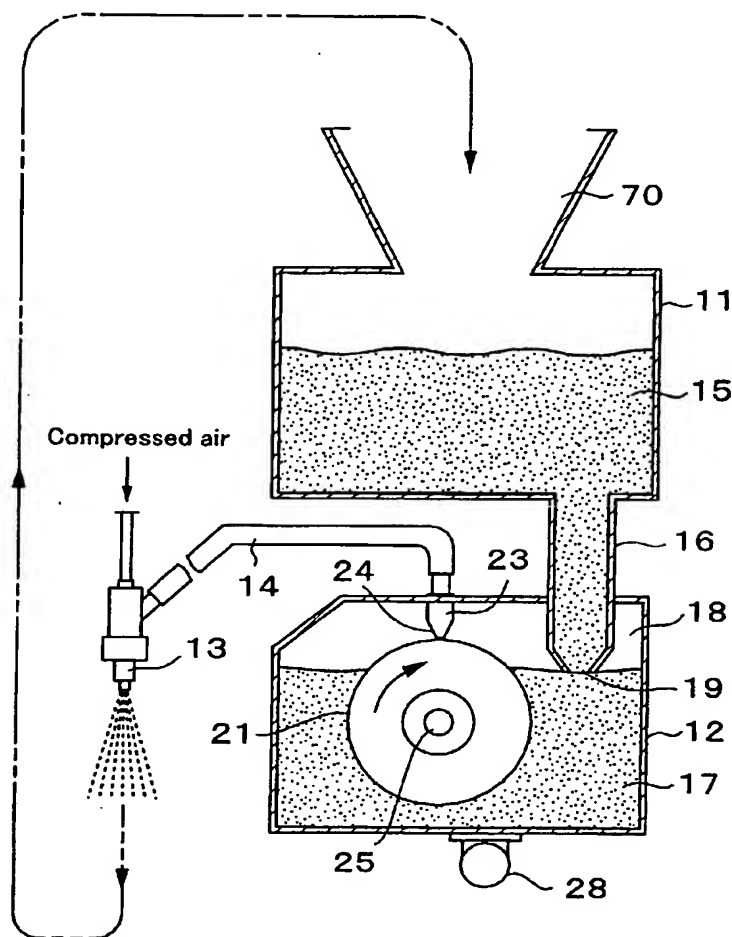
US 20030000383A1

(19) **United States**(12) **Patent Application Publication**  
Ogihara et al.(10) **Pub. No.: US 2003/0000383 A1**(43) **Pub. Date:****Jan. 2, 2003**(54) **METALLIC SLIDING MEMBER, POSITION  
FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE,  
METHOD OF SURFACE TREATING THESE,  
AND APPARATUS THEREFOR**(30) **Foreign Application Priority Data**

Nov. 16, 2000 (JP) ..... 2000-350123

**Publication Classification**(76) **Inventors:** Hidemi Ogihara, Wako-shi (JP);  
Masato Ishiwata, Edogawa-ku (JP)(51) **Int. Cl.<sup>7</sup>** ..... F16J 1/00(52) **U.S. Cl.** ..... 92/172**Correspondence Address:****ARENT FOX KINTNER PLOTKIN & KAHN  
1050 CONNECTICUT AVENUE, N.W.  
SUITE 400  
WASHINGTON, DC 20036 (US)**(57) **ABSTRACT**

A metallic sliding member which is improved in initial compatibility and significantly reduced in frictional resistance: and a process for producing the member. The process comprises causing fine particles of molybdenum disulfide to collide against the surface of a base to form a layer containing molybdenum disulfide, serving as a solid lubricant, as a surface layer having a depth not larger than 20  $\mu\text{m}$  from the surface.

(21) **Appl. No.:** 10/169,063(22) **PCT Filed:** Nov. 16, 2001(86) **PCT No.:** PCT/JP01/10053

**This Page Blank (uspto)**